



دانشگاه گوارز، دانشکده علوم جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم و دوم، شماره اول، ۱۳۹۴

<http://jwfst.gau.ac.ir>

تنوع خصوصیات روزنه برگ راش شرقی در جنگل‌های هیرکانی

*زهرا سعیدی^۱، داوود آزادفر^۲ و خسرو ثاقب‌طالبی^۳

^۱ دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار، دانشکده

علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۷

چکیده

پراکنش گونه راش شرقی یکی از مهمترین گونه‌های درختی شمال ایران از آستارا تا حدود دره زیارت گرگان در شرق ادامه دارد. اطلاع از ویژگی‌های اختصاصی روزنه برگ در جمعیت‌های این گونه، علاوه بر ارزش سیستماتیک آن، ما را در شناخت هر چه بیشتر میزان سازگاری آن‌ها با شرایط اکولوژیکی خاص هر منطقه رهنمون می‌سازد. به این منظور نهال‌های چهار جمعیت این گونه از مناطق مختلف انتشار آن در هیرکانی و از دو طبقه ارتفاعی مختلف برداشت و به گلخانه منتقل گردید و نهال‌ها تحت شرایط محیطی یکسان رشد داده شدند. ویژگی‌های روزنه با نمونه‌برداری از برگ‌های تازه مطالعه شدند. ویژگی‌های مورد مطالعه روزنه شامل تراکم روزنه‌های باز، بسته و کل در میلی‌متر مربع و سایر صفات شامل ابعاد و مساحت روزنه‌های باز و بسته و طول و عرض سلول‌های محافظ روزنه با دقت هزارم میکرون اندازه‌گیری و تیپ روزنه تعیین گردید. از تحلیل عاملی جهت تعیین مؤثرترین صفات استفاده گردید. استخراج عامل‌ها در این روش به کمک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی که توجیه کننده حداکثر واریانس بوده، صورت گرفت. همچنین همبستگی پیرسون بین امتیازات عامل‌های استخراج شده و متغیرهای اقلیمی و ارتفاع از سطح دریا جهت تعیین ارتباط صفات با عوامل محیطی صورت گرفت. نتایج نشان داد که تیپ روزنه از نوع آنموسیتیک بوده و میانگین اکثر صفات بین مناطق دارای اختلاف معنی‌داری بوده به طوری که تراکم روزنه از غرب به شرق بیشتر شده ولی از مساحت

*مسئول مکاتبه: saeedizohre@gmail.com

روزنه کاسته می‌شود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های روزنه با عوامل دما، بارندگی و ارتفاع از سطح دریا مشاهده گردید. به‌طورکلی نتایج آنالیز تابع تشخیص نشان داد که جمعیت‌های خیرود ارتفاع پایین و شصت کلاته تفاوت زیادی با جمعیت‌های خیرود ارتفاع بالا و سفارود دارند.

واژه‌های کلیدی: راش شرقی، خصوصیات روزنه، پراکنش جغرافیایی

مقدمه

روزنه یکی از اندام اصلی در گیاهان آوندی است و در تبادل گاز بین سلول‌های مزوفیل برگ و محیط نقش دارد. روزنه سوراخ کوچکی در زیر و یا روی سطح برگ است که از دست دادن آب از طریق تعرق و جذب CO₂ طی فتوسنتز را تنظیم می‌کند. رابطه آب و بیوماس گیاه توسط باز و بسته شدن روزنه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (ال افاس و همکاران، ۲۰۰۶؛ بوسی و همکاران، ۲۰۰۶). حتی در شرایطی که رطوبت خاک عاملی محدودکننده برای رشد گیاه نیست، کنترل از دست دادن آب به‌علت تعرق بیش از حد به‌خصوص در درختان با ارتفاع زیاد بسیار مهم است (هوبارد و همکاران، ۱۹۹۹). در یک مفهوم گسترده، تعرق بستگی به هدایت روزنه‌ای، تابش خالص دریافتی، درجه حرارت و سرعت باد دارد (جارویس و مکنائتون، ۱۹۸۶). هدایت روزنه‌ای برای جذب CO₂، توسط تراکم و اندازه دهانه روزنه کنترل می‌شود (فارکوهار و شارکی، ۱۹۸۲). روزنه ممکن است در هر دو طرف و یا تنها در یک طرف سطح برگ وجود داشته باشد، ولی معمولاً در سطح پایینی برگ وجود دارد (کامارگو و مارنکو، ۲۰۱۱). تراکم روزنه می‌تواند در برگ‌ها، گیاهان و افراد یک گونه متفاوت باشد (ال افاس و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین می‌تواند با توجه به عوامل محیطی مانند نور، رطوبت هوا، در دسترس بودن آب و غلظت CO₂ در اتمسفر تفاوت داشته باشد (وودوارد و کلی، ۱۹۹۵). به‌طور کلی تراکم روزنه‌ای با افزایش CO₂ کاهش می‌یابد و در مقایسه با برگ‌های توسعه یافته دو شدت نور کم، برگ‌هایی که در معرض خورشید هستند، تراکم روزنه‌ای بالاتری دارند (گیونیش، ۱۹۸۸). در درختان تراکم روزنه‌ای اغلب بین ۳۰ تا ۱۱۹۰ در میلی‌متر مربع و طول سلول‌های محافظ از ۱۰ تا ۵۰ میکرومتر متغیر است (ویلر و فریکر، ۱۹۹۶). اغلب رابطه‌ای معکوس بین تراکم روزنه و اندازه روزنه (طول سلول‌های محافظ) مشاهده شده است (هترینگتون و وودوارد، ۲۰۰۳). تغییرات در تراکم روزنه،

اندازه روزنه و محل قرارگیری روزنه در سطح برگ در پاسخ به تغییرات شرایط محیطی می‌تواند هدایت روزنه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد (ماهرالی و همکاران، ۲۰۰۲) و در نتیجه بر جذب کربن به علت رابطه نزدیک با فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای اثر بگذارد (مارنکو و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین دانستن چگونگی پراکنش روزنه در سطح برگ (یک یا هر دو طرف برگ) به دلیل تأثیر در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن جهت تثبیت کربن و همچنین انتقال گرمای حاصل از تعرق دارای اهمیت است (جارویس و مکناتون، ۱۹۸۶).

راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) از خانواده *Fagaceae* یکی از مهم‌ترین پهن برگ تجاری جنگل‌های هیرکانی است که دارای بیشترین میزان حجم در بین سایر درختان در واحد سطح جنگل‌های ایران است (طاهری آبکناری و پیلهور، ۲۰۰۸). این گونه به صورت آمیخته و خالص بر روی شیب‌های شمالی رشته کوه البرز در محدوده ارتفاعی ۶۰۰-۲۲۰۰ متر از سطح دریا پراکنش داشته، نوار جنگلی را در سه استان گیلان، مازندران و گلستان تشکیل داده و گسترش غربی خود را از آستارا تا حدود دره زیارت گرگان در شرق ادامه می‌دهد (صالحی، ۲۰۰۴). گسترش طبیعی این گونه در خارج از ایران شامل قفقاز، بلغارستان، سواحل دریای سیاه، ناحیه مرمره و آنتالیا و بعضی نواحی شمالی مدیترانه در ترکیه است (آتالی، ۱۹۹۲).

امروزه مطالعه صفات ریختی روزنه به‌طور فزاینده‌ای بین متخصصان علوم گیاهی برای بررسی تنوع صفات گونه‌ها رایج شده است (میسکین همکاران، ۱۹۷۲). خصوصیات روزنه راش شرقی در ۵ جمعیت در مناطق غربی هیرکانی در استان گیلان به کمک صفات تراکم روزنه و طول خالص روزنه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین جمعیت‌های مورد مطالعه در رابطه با خصوصیات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار وجود دارد (بایرامزاده، ۲۰۱۱). همچنین نتایج مطالعه تیپ‌های مختلف روزنه و تعیین موقعیت قرارگیری آن نسبت به سلول‌های اپیدرم در نمونه‌های مختلف از جنس نمدار در پنج رویشگاه جنگل‌های هیرکانی حاکی از تفاوت معنی‌دار بین جمعیت‌های مختلف از نظر صفات طول روزنه، عرض روزنه و مساحت روزنه بود. بررسی همبستگی بین صفات روزنه با مشخصات جغرافیایی رویشگاه نشان داد که با افزایش عرض جغرافیایی و کاهش طول جغرافیایی اندازه روزنه، به‌ویژه مساحت آن کاهش می‌یابد (یوسف‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). تنوع ریختی روزنه، سلول‌های همراه و کرک‌های پوششی برگ شاه بلوط در اکوسیستم هیرکانی توسط اکبری‌نیا و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل حاکی از آن بود که تیپ روزنه شاه بلوط

در جنگل‌های هیرکانی آنموسیتیک بوده، سطح زیرین برگ دارای کرک‌های ساده، کرک ستاره‌ای و کرک چند شاخه بود. در مورد تنوع بین جمعیت‌ها، تجزیه و تحلیل آماری اختلاف معنی‌دار را در مورد قطر روزنه نشان داد (اکبری‌نیا و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعه تیپ روزنه جنس ممرز نشان داد که در گونه ممرز روزنه‌ها دارای سه تیپ پاراسیتیک، آنموسیتیک و آنیزوسیتیک، در گونه کچف آنیزوسیتیک و لئروسیتیک و در گونه لور از نوع لئروسیتیک هستند (چاپلاق پریدری و همکاران، ۲۰۱۲). صفت تراکم روزنه در ارتباط با تنظیم تبادلات گازی است (گوتچیک، ۱۹۹۹). وجود تراکم زیاد روزنه‌های کوچک به همراه شاخص وزن واحد سطح برگ بیشتر، از نشانه‌های سازگاری به شرایط خشکی است (آبرامس ۱۹۹۰؛ آبرامس ۱۹۹۴). همچنین بیان شده که افزایش تراکم روزنه‌ای، یک نوع سازگاری فیزیولوژیکی به خطر تنش آبی است (فلوکیگر و همکاران، ۱۹۸۶). تحقیق در زمینه اثر رویشگاه‌ها بر روی تراکم روزنه‌های برگ گونه راش اروپایی^۱ در کشور ایتالیا نشان داد که این صفت با عوامل دما و بارندگی، همبستگی معنی‌داری داشتند (بوسوتی و همکاران، ۲۰۰۵).

هدف از انجام این مطالعه، بررسی نحوه پراکنش و نیز تنوع خصوصیات روزنه در برگ‌های راش شرقی چهار جمعیت مختلف جنگل‌های هیرکانی در شرایط گلخانه‌ای است تا به کمک آن بتوان علاوه بر ارزش سیستماتیک، به تنوع توانایی‌های ذاتی (ژنتیکی) آن‌ها در دوره‌های تکاملی تحت شرایط اکولوژیک مختلف پی برد.

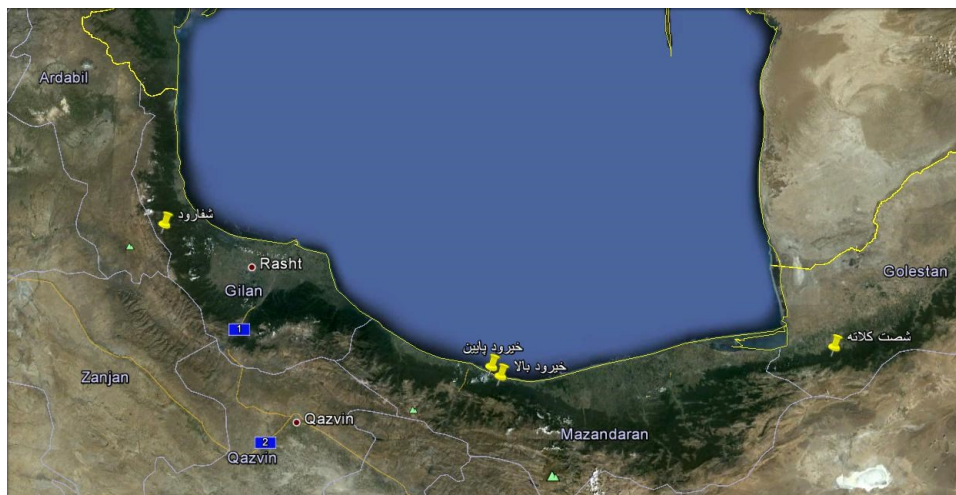
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: با توجه به پراکنش گونه راش شرقی در جنگل‌های شمال کشور، دو منطقه در استان‌های گلستان و گیلان و دو منطقه در ارتفاع پایین (پایین‌بند) و بالای (بالابند) پراکنش آن در استان مازندران جهت نمونه‌برداری انتخاب شد (شکل ۱). مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. سپس از هر منطقه در تیرماه ۱۳۹۱، تعداد ۳ نهال راش به ارتفاع حدود ۵۰ سانتی‌متر به همراه خاک آن برداشت و به گلدان پلاستیکی منتقل و به اتاقک رشد در آزمایشگاه منتقل گردید. شرایط اتاقک رشد برای تمامی نهال‌ها در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، ۱۴ ساعت روز، رطوبت ۵۰ درصد تنظیم گردید (آندرس، ۲۰۱۱) و به‌طور یک روز در میان به اندازه کافی و به‌طور یکسان

1- *Fagus sylvatica*

آبیاری شدند. نمونه‌برداری در سال بعد و گذشت حدود ۵ ماه که نهال‌ها در شرایط مشابه تولید برگ‌های جدید نموده‌اند و به رشد حداکثر برگ‌گی رسیدند از روزه‌ها از دو سطح برگ صورت گرفت. روش اندازه‌گیری: نمونه‌برداری از ۱۰ عدد برگ از هر نهال، بدون جداسازی انجام و خصوصیات روزه در پشت و روی هر برگ مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به وجود ۳ نهال در هر منطقه، در کل خصوصیات روزه ۳۰ برگ در هر منطقه اندازه‌گیری شد. روش نمونه‌برداری به کمک لاک ناخن شفاف و چسب نواری در میانه طول برگ انجام گردید. سپس بر روی لام چسبانده شد (کامارگو و مارررررکو، ۲۰۱۱؛ جونس، ۱۹۸۳). سپس نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۶۴ برابر جهت اندازه‌گیری تراکم و ۱۶۰ برابر جهت اندازه‌گیری سایر صفات توسط دوربین دیجیتال تصویربرداری شدند. تراکم کل، تراکم روزه‌های باز و بسته در میلی‌متر مربع و سایر صفات شامل ابعاد و مساحت روزه‌های باز و بسته و طول و عرض سلول‌های محافظ روزه در نرم‌افزار Motic Images 2000 ver. 1.2 (میکروپتیک، ۲۰۰۰) با دقت هزارم میکرون اندازه‌گیری و تیپ روزه تعیین گردید.

روش تجزیه و تحلیل: در این پژوهش پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، از تحلیل عاملی جهت تعیین مؤثرترین صفات استفاده گردید. استخراج عامل‌ها در این روش به کمک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی که توجیه‌کننده حداکثر واریانس بوده، صورت گرفت (بروسچی، ۲۰۱۰). سپس امتیازات هر عامل مبنای آنالیز واریانس یک طرفه بین مناطق مورد مطالعه قرار گرفت و بر اساس عامل‌های معنی‌دار مقایسه‌های دو به دو بین مناطق چهارگانه به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام گردید. همچنین همبستگی پیرسون بین امتیازات عامل‌های استخراج شده و متغیرهای اقلیمی و ارتفاع از سطح دریا جهت تعیین ارتباط صفات با عوامل محیطی صورت گرفت. علاوه بر این، از آنالیز تشخیصی جهت به‌دست آوردن رابطه مناسب تا بتواند با توجه به متغیرهای مستقل، عضویت افراد را در متغیر گروه‌بندی مشخص کند، استفاده و صحت گروه‌بندی تعیین گردید (ستاریان و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین نمودار پراکنش دو بعدی مناطق مورد مطالعه به کمک دو تابع تشخیصی اول رسم گردید. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS ver. 21 انجام گردید.



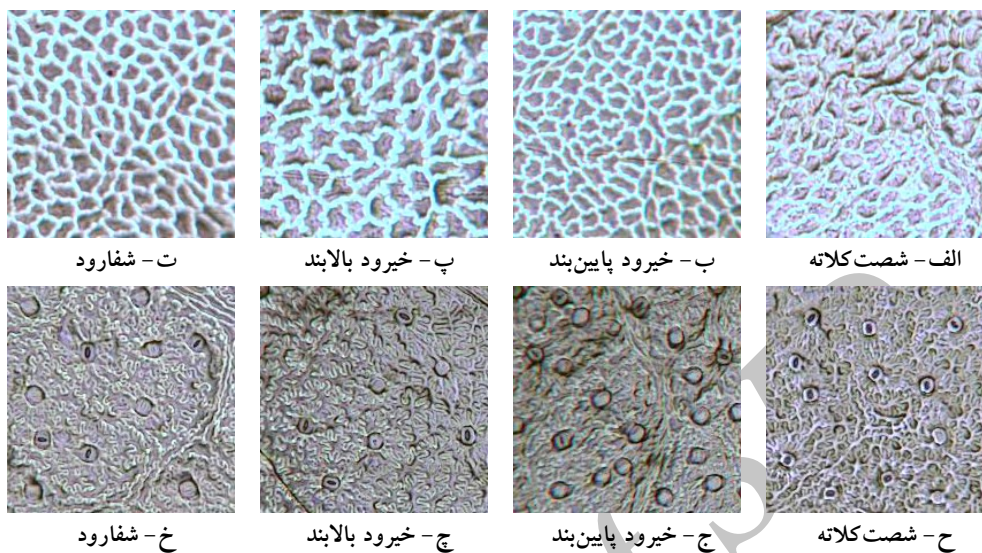
شکل ۱- موقعیت چهار منطقه مورد مطالعه در جنگل‌های هیرکانی.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و خاکی مناطق مورد مطالعه.

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	تیپ خاک
شفارود	۴۸° ۴۸' ۴۱/۳"	۳۷° ۲۸' ۳۱/۹"	۱۰۴۵	۱۱/۱۶	۱۰۵۴	قهوه‌ای
خیرود پایین‌بند	۵۱° ۳۴' ۱۷/۳"	۳۶° ۳۶' ۹/۶"	۴۲۹	۱۶	۱۲۲۵	راندزین
خیرود بالا‌بند	۵۱° ۳۸' ۳۹/۷"	۳۶° ۳۲' ۳۰/۷"	۱۱۳۶	۸/۵۵	۱۱۵۰	اینسیتی سول
شصت‌کلاته	۵۴° ۲۴' ۱۴/۳"	۳۶° ۴۴' ۱۳/۹"	۸۳۱	۱۵/۴	۶۱۰	کرومیک لویسل

نتایج

بررسی روزنه‌ها در برگ‌های انتخاب شده نهال‌های راش شرقی نشان داد که در هر چهار منطقه مورد مطالعه، روی برگ فاقد روزنه و زیر برگ واجد روزنه است (شکل ۲). نوع روزنه‌های مشاهده شده در تمامی مناطق از نوع آنوسایتیک (Anomocytic) می‌باشد. در این تیپ سلول‌های همراه اطراف روزنه قابل تشخیص و تمایز نبوده و شبیه دیگر سلول‌های اپیدرمی است و در حقیقت روزنه‌ها فاقد سلول‌های همراه هستند. میانگین ۱۱ صفت اندازه‌گیری روزنه به تفکیک مناطق مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.



شکل ۲- تصویر سلول‌های اپیدرمی روی برگ (الف تا ت) و روزنه‌های زیر برگ (ح تا خ) راش شرقی در جنگل‌های هیرکانی توسط میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۱۶۰ برابر.

جدول ۲- میانگین صفات روزنه برگ راش شرقی در چهار منطقه مورد مطالعه.

منطقه	صفات			
	شفارود	خیرود بالا بند	خیرود پایین بند	شصت کلاته
				تراکم کل (تعداد در mm^2)
	۱۵۶	۱۲۰	۴۰۴	۲۲۴
				تراکم روزنه باز (تعداد در mm^2)
	۶۸	۵۲	۶۰	۱۳۴
				تراکم روزنه بسته (تعداد در mm^2)
	۸۸	۶۸	۳۴۴	۹۰
				طول سلول محافظ (میکرون)
	۱۹/۱۸۳	۱۸/۲۷۵	۱۸/۷۵۸	۱۷/۲۳۵
				عرض سلول محافظ (میکرون)
	۵/۳۹۲	۵/۴۰۴	۶/۰۶۲	۴/۴۳۳
				قطر بزرگ روزنه باز (میکرون)
	۱۹/۲۲۵	۱۸/۳۵۸	۱۸/۵۴۲	۱۷/۴۳۳
				قطر کوچک روزنه باز (میکرون)
	۱۷/۳۰۰	۱۵/۵۷۵	۱۵/۸۴۳	۱۵/۲۳۳
				مساحت روزنه باز (میکرون مربع)
	۳۳۰/۹۱۷	۳۲۰/۲۰۰	۳۴۳/۷۰۸	۲۸۶/۷۵۸
				قطر بزرگ روزنه بسته (میکرون)
	۱۹/۱۴۲	۱۸/۱۹۲	۱۸/۹۷۵	۱۷/۰۳۸
				قطر کوچک روزنه بسته (میکرون)
	۱۶/۷۹۲	۱۶/۱۷۵	۱۵/۷۳۳	۱۵/۶۲۵
				مساحت روزنه بسته (میکرون مربع)
	۳۲۰/۴۱۷	۲۹۴/۲۸۳	۳۱۴/۶۵۸	۲۷۷/۰۸۳

نتایج تحلیل عاملی در جدول ۳ نشان داد که چهار عامل اول در مجموع حدود ۸۵ درصد واریانس تجمعی را به خود اختصاص دادند. صفات ابعاد و مساحت روزنه بسته بر اساس عامل اول (۳۷/۱۹۵ درصد واریانس)، ابعاد و مساحت روزنه باز و همچنین طول سلول محافظ بر اساس عامل دوم (۲۰/۱۹۰ درصد واریانس)، صفات تراکم کل و تراکم روزنه بسته بر اساس عامل سوم (۱۷/۷۰۵ درصد واریانس) و صفت تراکم روزنه باز بر اساس عامل چهارم (۹/۳۰۵ درصد واریانس)، مهمترین صفات دارای واریانس بیشتر هستند.

جدول ۳- ریشه‌های مخفی صفات روزنه مورد مطالعه در چهار عامل اول.

صفت	عامل			
	۴	۳	۲	۱
تراکم کل	-۰/۰۷۴	۰/۹۸۹	-۰/۰۴۱	۰/۰۰۲
تراکم روزنه باز	-۰/۰۹۶۵	-۰/۰۷۰	-۰/۰۷۳	-۰/۰۹۹
تراکم روزنه بسته	۰/۲۵۷	۰/۹۵۳	-۰/۰۱۴	۰/۰۳۶
طول سلول محافظ	۰/۰۶۴	-۰/۰۳۵	۰/۸۵۵	-۰/۱۷۶
عرض سلول محافظ	۰/۵۰۳	۰/۴۲۴	۰/۳۳۶	۰/۴۰۸
قطر بزرگ روزنه باز	۰/۱۹۹	-۰/۰۲۹	۰/۸۸۶	۰/۰۴۶
قطر کوچک روزنه باز	-۰/۱۴۶	-۰/۰۸۵	۰/۷۵۲	۰/۳۸۶
قطر بزرگ روزنه بسته	۰/۱۰۱	۰/۱۲۸	۰/۱۲۱	۰/۸۷۹
قطر کوچک روزنه بسته	۰/۰۴۷	-۰/۱۸۲	-۰/۰۰۶	۰/۸۸۱
مساحت روزنه باز	۰/۱۴۴	۰/۲۷۷	۰/۷۰۳	۰/۴۷۲
مساحت روزنه بسته	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۱۱	۰/۹۱۷
مقادیر ویژه	۱/۰۲۴	۱/۹۴۸	۲/۲۲۱	۴/۰۹۱
واریانس توجیهی	درصد ۹/۳۰۵	درصد ۱۷/۷۰۵	درصد ۲۰/۱۹۰	درصد ۳۷/۱۹۵
واریانس تجمعی (درصد)	درصد ۸۴/۳۹۵	درصد ۷۵/۰۹۰	درصد ۵۷/۳۸۵	درصد ۳۷/۱۹۵

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه بر اساس امتیازات صفات در چهار عامل اول نشان داد که در تمامی عامل‌ها، اختلاف معنی‌داری را در سطوح ۵ درصد خطا برای عامل ۱ و ۱ درصد خطا برای سایر عوامل ۲، ۳ و ۴ بین مناطق مورد مطالعه دارند (جدول ۴).

زهرة سعیدی و همکاران

جدول ۴- تجزیه واریانس عامل‌ها در چهار رویشگاه راش شرقی در جنگل‌های هیرکانی.

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میزان F	سطح معنی‌داری
عامل ۱	۹/۶۶۵	۳	۳/۲۲۲	۳/۴۷۳	۰/۰۱۹
عامل ۲	۱۳/۵۳۳	۳	۴/۵۱۱	۵/۰۹۴	۰/۰۰۳
عامل ۳	۹۲/۶۱۵	۳	۳۰/۸۷۲	۱۱۹۰/۸۸۰	۰/۰۰۰
عامل ۴	۶۳/۰۷۷	۳	۲۱/۰۲۶	۶۰/۵۹۴	۰/۰۰۰

نتایج مقایسات صفات روزنه بین مناطق مورد مطالعه در جدول ۵ نشان داد که در عامل ۱، مساحت روزنه بسته منطقه سفارود بزرگتر از شصت‌کلاته است و در عامل ۲، مساحت روزنه باز منطقه شصت‌کلاته کوچکتر از مناطق خیرود پایین‌بند و سفارود و همچنین سفارود بزرگتر از خیرود بالابند است. طول سلول محافظ روزنه منطقه شصت‌کلاته کوتاه‌تر از خیرود پایین‌بند و سفارود بوده و همچنین سفارود طولی‌تر از خیرود بالابند است. مقایسات در عامل ۳ برای صفات تراکم کل و تراکم روزنه بسته نشان‌دهنده به‌ترتیب از بیشترین به کمترین تعداد شامل خیرود پایین‌بند، شصت‌کلاته، سفارود و خیرود بالابند است. و بالاخره در عامل ۴، تراکم روزنه باز منطقه شصت‌کلاته بیشتر از خیرود پایین‌بند و سفارود و آن دو هم بیشتر از خیرود بالابند است.

جدول ۵- مقایسات چندگانه چهار منطقه مورد مطالعه به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (اعداد نشان‌دهنده سطح معنی‌داری هستند)

عامل	منطقه	خیرود پایین‌بند	خیرود بالابند	سفارود
۱	شصت‌کلاته	۰/۰۷۰	۰/۱۸۸	۰/۰۰۲
	خیرود پایین‌بند	-	۰/۶۱۲	۰/۱۸۰
	خیرود بالابند	-	-	۰/۰۶۶
۲	شصت‌کلاته	۰/۰۲۷	۰/۱۴۴	۰/۰۰۰
	خیرود پایین‌بند	-	۰/۴۴۲	۰/۱۱۶
	خیرود بالابند	-	-	۰/۰۲۰
۳	شصت‌کلاته	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	خیرود پایین‌بند	-	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	خیرود بالابند	-	-	۰/۰۰۰
۴	شصت‌کلاته	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	خیرود پایین‌بند	-	۰/۰۰۵	۰/۲۵۶
	خیرود بالابند	-	-	۰/۰۰۰

تعیین همبستگی بین امتیازات صفات روزنه در چهار عامل اول و عوامل محیطی شامل بارندگی، دما و ارتفاع از سطح دریا نشان داد که همبستگی مثبت در سطح ۵ درصد ($R=0/211$) بین میزان بارندگی سالانه و عامل اول، همبستگی مثبت در سطح ۵ درصد ($R=0/246$) بین میزان بارندگی سالانه و عامل دوم، همبستگی مثبت در سطح ۱ درصد (به ترتیب $0/290$ و $R=0/775$) بین میزان بارندگی سالانه و دما با عامل سوم و همبستگی منفی در سطح ۱ درصد ($R=-0/974$) بین ارتفاع از سطح دریا با عامل سوم و بالاخره همبستگی معکوس در سطح ۱ درصد ($R=0/772$) بین میزان بارندگی سالانه و عامل ۴ و همچنین همبستگی مستقیم در سطح ۱ درصد ($R=-0/505$) بین دما و عامل ۴ وجود داشت.

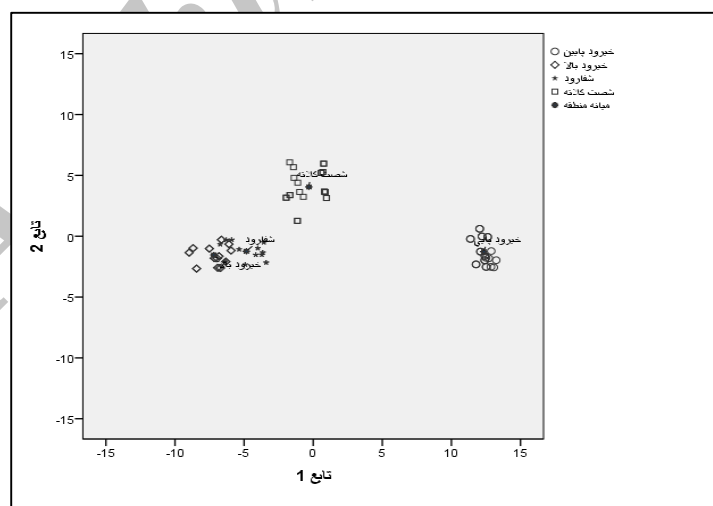
نتایج تحلیل تشخیصی نشان داد که سه تابع اول همبستگی معنی‌داری با مقادیر ویژه دارند (جدول ۶) به طوری که تابع اول با $90/2$ درصد واریانس کل منطقه خیرود پایین‌بند را از سایر مناطق و تابع دوم با $8/9$ درصد واریانس کل، منطقه شصت‌کلاته را از سایر مناطق جدا ساخت (شکل ۳). ماتریس صحت تفکیک آنالیز تشخیص نشان داد که مناطق شصت‌کلاته، جنگل‌های بالابند و پایین‌بند خیرود کنار، دارای بالاترین قدرت تشخیصی بودند به طوری که صد در صد افراد این مناطق بدرستی تفکیک شدند ولی فقط $91/7$ درصد افراد سفارود در منطقه درست قرار گرفته و مابقی آن‌ها در منطقه خیرود بالابند تفکیک شدند. به‌طور کلی نتایج تفکیک آنالیز تشخیص نشان داد که با صفات اندازه‌گیری شده روزنه، $97/9$ درصد افراد به درستی در منطقه واقعی شان تفکیک می‌شوند (جدول ۷).

زهرة سعیدی و همکاران

جدول ۶- ضرایب استاندارد شده و خصوصیات تحلیل تشخیص کانونی برای سه تابع تشخیصی اول.

صفات	تابع ۱	تابع ۲	تابع ۳
تراکم کل	۱/۰۸۶	۰/۰۵۲	۰/۰۷۹
تراکم روزنه باز	-۰/۰۲۲	۱/۱۳۷	-۰/۱۰۸
تراکم روزنه بسته *	-	-	-
طول سلول محافظ	۰/۳۳۷	-۰/۱۳۴	-۰/۰۲۰
عرض سلول محافظ	۰/۲۳۷	-۰/۴۵۱	-۰/۴۳۴
قطر بزرگ روزنه باز	-۰/۲۵۲	۰/۲۳۲	۰/۴۸۰
قطر کوچک روزنه باز	۰/۰۸۹	-۰/۴۸۸	۱/۳۷۱
قطر بزرگ روزنه بسته	۰/۴۴۳	-۱/۱۲۶	۰/۷۶۴
قطر کوچک روزنه بسته	-۰/۱۷۴	۰/۴۱۶	-۰/۲۹۶
مساحت روزنه باز	۰/۰۳۵	-۰/۰۷۵	-۱/۲۵۵
مساحت روزنه بسته	-۰/۵۶۸	۰/۷۲۰	۰/۲۲۷
مقادیر ویژه	۶۳/۰۷۲	۶/۲۵۲	۰/۶۳۸
لامبادا ویلکز	۰/۰۰۱	۰/۰۸۴	۰/۶۱۱
کای اسکویئر	۵۸۳/۸۴۶	۲۱۷/۷۶۶	۴۳/۴۱۹
سطح معنی داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

* این صفت به علت رد شدن در آزمون مقاومت از تحلیل حذف شد.



شکل ۳- نمودار سه بعدی پراکنش افراد چهار منطقه مورد مطالعه نسبت به توابع استخراج شده در تحلیل تشخیصی.

جدول ۷- درصد صحت تفکیک آنالیز تشخیص روزه‌های برگ راش شرقی متعلق به چهار منطقه روشی مختلف.

درصد صحت تفکیک	شصت کلاته	شفارود	خیرود بالابند	خیرود پایین‌بند	منطقه
۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰	خیرود پایین‌بند
۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۰	خیرود بالابند
۹۱/۷	۰	۹۱/۷	۸/۳	۰	شفارود
۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	شصت کلاته
۹۷/۹					میانگین

بحث و نتیجه‌گیری

نگهداری نهال‌ها تحت شرایط یکسان محیطی و میزان و دفعات آبیاری مشابه، باعث کاهش یا حذف عوامل محیطی ناشناخته محدود کننده یا تأثیرگذار شده است. تفاوت‌های مشاهده شده بین مناطق، ناشی از تفاوت‌های ذاتی و ژنتیکی نهال‌ها خواهد بود. وجود یک نوع تیپ روزه آنموسیتیک در راش شرقی نشان داد که از این لحاظ با دیگر گونه هم خانواده خود، شاه بلوط (اکبری‌نیا و همکاران، ۲۰۱۱) و هم راسته خود، ممرز مشابه است. با این تفاوت که در گونه ممرز دو نوع روزه دیگر هم شامل پاراسیتیک و آنیزوسیتیک و در گونه‌های کچف و لور که در ارتفاعات بالاتر از ممرز و راش رویش دارند، نوع روزه لتروسیتیک مشاهده می‌شود (چاپلاق پریدری و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها یا گونه‌های مختلف جنس نمدار در جنگل‌های هیرکانی به لحاظ خصوصیات روزه مشخص شده است (یوسف‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین به طور کلی به نظر می‌رسد که خصوصیات ژنتیکی گونه‌ها و گستره شرایط محیطی که گونه‌ها در آن پراکنده شده‌اند در شکل‌گیری نوع و خصوصیات روزه‌ها نقش داشته باشد.

نتایج تجزیه عاملی صفات روزه راش شرقی نشان داد که کلیه صفات به غیر از عرض سلول محافظ در مناطق مورد مطالعه دارای واریانس بالا بوده و بیشترین واریانس به ترتیب به خصوصیات روزه‌های بسته، خصوصیات روزه‌های باز، طول سلول محافظ و تراکم روزه در واحد سطح تعلق دارد و این صفات بین چهار منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دارند. تحقیقات سایر محققان نیز اختلاف معنی‌داری را بین جمعیت‌های راش شرقی حتی در سطح پراکنش کوچکتر از لحاظ تراکم و قطر بزرگ روزه نشان می‌دهد (بایرامزاده، ۲۰۱۱). این امر نشان‌دهنده تأثیرپذیری زیاد این صفات از شرایط محیطی در سطح میکرو و ماکروکلیم در این گونه دارد. اما مقایسه‌ها بین جمعیت‌های گونه شاه

بلوط از همین خانواده (اکبری‌نیا و همکاران، ۲۰۱۱)، فقط تفاوت را از لحاظ قطر روزنه نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند به علت پراکنش محدودتر جمعیت‌های این گونه در استان گیلان و تفاوت‌های ذاتی آن نسبت به گونه راش شرقی باشد.

نتایج مطالعه خصوصیات روزنه راش شرقی برخی جمعیت‌های جنگل‌های شمال نشان داد که روزنه‌ها مانند اغلب گونه‌ها فقط در سطح زیرین برگ وجود دارد (کامارگو و مارنکو، ۲۰۱۱) و با تراکم ۱۲۰ تا ۴۰۴ روزنه در میلی‌متر مربع و طول سلول محافظ از ۱۷ تا ۱۹ میکرون در مقایسه با سایر گونه‌ها در سطح متوسط طبقه‌بندی می‌شوند (ویلمر و فریکر، ۱۹۹۶). همچنین نتایج نشان داد که تراکم روزنه‌ها در شفارود نسبت به شصت‌کلاته بیشتر ولی از نظر مساحت روزنه‌ها کمتر بوده و همچنین با افزایش ارتفاع از سطح دریا در منطقه خیرودکنار از تراکم روزنه‌ها کاسته شده ولی مساحت روزنه‌ها اندکی کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج خصوصیات روزنه گونه نمودار از خانواده نمودار متفاوت است. این گونه تطبیق با شرایط میکروکلیمایی مختلف در جنگل‌های شمال ایران با داشتن چهار نوع متفاوت تیپ روزنه و موقعیت‌های قرارگیری متفاوت نسبت به سلول‌های همراه به وجود آمده که متفاوت از گونه راش است (یوسف‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). از طرف دیگر اغلب مشاهده شده است که بین تراکم و اندازه روزنه رابطه عکس وجود دارد (هترینگتون و وودوارد، ۲۰۰۳). این ویژگی در مقایسه جمعیت‌های مناطق غربی - شرقی (شصت‌کلاته و شفارود) صادق است ولی در مورد جمعیت‌های ارتفاعی (خیرود بالابند و پایین‌بند) صادق نیست. این امر احتمالاً تحت تأثیر متقابل عوامل اقلیمی - اداپتیکی است. همچنین به‌طور کلی بیان می‌شود که تراکم روزنه‌ای با افزایش CO₂ کاهش می‌یابد (گیونیش، ۱۹۸۸) اما دوباره این اصل در مورد تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم روزنه‌ای راش صادق نیست. این امر می‌تواند به دلیل تأثیرات متفاوت عوامل محیطی مانند نور، رطوبت هوا، در دسترس بودن آب و غلظت CO₂ در اتمسفر بر تراکم روزنه‌ای باشد. زیرا در اثر ارتفاع از سطح دریا به‌طور متفاوتی این تغییرات صورت می‌گیرد. (وودوارد و کلی، ۱۹۹۵).

بررسی همبستگی بین خصوصیات روزنه راش شرقی و مهمترین عوامل اقلیمی شامل دما و بارندگی و همچنین ارتفاع از سطح دریا نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین این دو عامل وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش بارندگی در مناطق چهارگانه مورد مطالعه مساحت روزنه بسته و باز، طول سلول محافظ روزنه، تراکم کل و تراکم روزنه بسته افزایش ولی تراکم روزنه باز کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش دما، تراکم کل، تراکم روزنه باز و بسته افزوده شده ولی با افزایش ارتفاع از سطح دریا تراکم

کل و تراکم روزنه بسته کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات روزنه در جمعیت‌های راش اروپایی در کشور ایتالیا نیز نشان داد که بین تراکم روزنه با دما و بارندگی همبستگی معنی‌داری وجود دارد (بوسوتی و همکاران، ۲۰۰۵).

به‌طور کلی نتایج آنالیز تابع تشخیص نشان داد که خصوصیات روزنه راش شرقی به‌طور ذاتی در مناطق چهارگانه جمعیت‌های مورد مطالعه در سازگاری با شرایط محیطی اختصاصی شده‌اند. به‌گونه‌ای که جمعیت‌های مناطق شصت‌کلاته و خیرود پایین‌بند کاملاً متفاوت از هم و سایر جمعیت‌ها هستند و فقط شباهت‌های کوچکی مابین جمعیت‌های سفارود و خیرود بالابند مشاهده می‌شود.

منابع

1. Abrams, M.D. 1990. Adaptation and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiology*. 7: 227–238.
2. Abrams, M.D. 1994. Genotypic and phenotypic variation as stress adaptations in temperate tree species: a review of several case studies. *Tree Physiology*., 14: 833–842.
3. Akbarinia, M., Zarafshar, M., Sattarian, A., Babaie Sustani, F., Ghanbari, E., and Chaplagh Paridari, I. 2011. Morphological variations in stomata, epidermal cells and trichome of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Caspian ecosystem. *Taxonomy and Biosystematics* 3: 7. 23-32. (In Persian)
4. Al Afas, N., Marron, N., and Ceulemans, R. 2006. Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 279-286.
5. Andreas, D., Peuke, A.D., and Rennenberg, H. 2011. Impacts of drought on mineral macro and microelements in provenances of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Tree Physiology*, 31: 196–207.
6. Atalay, İ. 1992. The ecology of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests and their regioning in terms of seed transfer. *Forest Tree Seeds and Tree Breeding Research Directorate*, Ankara. 209p.
7. Bayramzadeh, V. 2011. Stomatal characteristics of *Fagus orientalis lipsky* in geographically separated locations in the Caspian forests of northern Iran. *Research Journal of Environmental Sciences* 11(5): 836-840.
8. Bruschi, P. 2010. Geographical variation in morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. as related to drought stress. *Plant Biosyst.* 144(1): 298-307.

9. Bussotti, P., Pancrazi, M., Matteucci, G., and Gerosa, G. 2005. Leaf morphology and chemistry in *Fagus sylvatica* (beech) trees as affected by site factors and ozone: results from CONECOFOR permanent monitoring plots in Italy. *Tree Physiology*, 25: 211–219.
10. Bussis, D., Von Groll, U., Fisahn, J., and Altman, T. 2006. Stomatal aperture can compensate altered stomatal density in *Arabidopsis thaliana* at growth light conditions. *Functional Plant Biology*, 33: 1037–1043.
11. Camargo, M.A.B., and Marengo, R.A. 2011. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 41(2): 205–212.
12. Chapolagh Paridari, I., Jalali, Gh., Sonboli, A., and Zarafshar, M. 2012. Leaf, Stomata and Trichome Morphology of the species in *Carpinus* Genus. *Taxonomy and Biosystematics* 4: 10. 11-26. (In Persian)
13. Farquhar, G.D., and Sharkey, T.D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, 33: 317-345.
14. Flückiger, W., Braun, S., Leonardi, S., Asche, N., and Flückiger-Keller, H. 1986. Factors contributing to forest decline in northwestern Switzerland. *Tree Physiol.*, 1: 177–184.
15. Givnish, T.J. 1988. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15: 63-92.
16. Gutschick, V.P. 1999. Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. *New Phytol.*, 144: 3–18.
17. Hubbard, R.M., Bond, B.J., and Ryan, M.G. 1999. Evidence that hydraulic conductance limits photosynthesis in old *Pinus ponderosa* trees. *Tree Physiology*, 19: 165-172.
18. Jarvis, P.G., and McNaughton, K.G. 1986. Stomatal control of transpiration: scaling up from leaf to region. *Advances in Ecological Research*, 15: 1-49.
19. Jones, H.G. 1983. *Plant and Microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge University Press, New York, 323p.
20. Körner, C.H., Bannister, P., and Mark, A.F. 1986. Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. *Oecologia* 69: 557-588.
21. Maherali, H., Reid, C.D., Polley, H.W., Johnson, H.B., and Jackson, R.B. 2002. Stomatal acclimation over a subambient to elevated CO₂ gradient in a C₃/C₄ grassland. *Plant, Cell and Environment*, 25: 557-566.
22. Marengo, R.A., Antezana-Vera, S.A., and Nascimento, H.C.S. 2009. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*, 47: 184-190.
23. Miskin, K.E., Rasmusson, D.C., and Moss, A.C. 1972. Inheritance and physiological effects of stomata frequency in barley. *Crop Science* 12: 780-783.

24. Micro Optic Industrial Group Co. LTD. 2000. Motic Images 2000 release 1.2.
25. Salehi Shangani, P. 2004. Isozyme diversity of Monadion Reductase, Isocitrate Dehydrogenase and Malat Dehydrogenase of Oriental Beech in Iran. Iran Biology Journal, 17(4): 1-18.
26. Sattarian, A., Akbarian, M.R., Zarafshar, M., Bruschi, P., and Fayyaz, P. 2011. Phenotypic variation and leaf fluctuating asymmetry in natural populations of *Parrotia persica* (Hamamelidaceae), an endemic species from the Hyrcanian forest (Iran). Acta Botanica Mexicana, 97: 65-81.
27. Taheri Abkenar, K., and Pilevar, B. 2008. Silviculture. Haghshenas Press, 296p. (In Persian)
28. Woodward, F.I., and Kelly, C.K. 1995. The influence of CO₂ concentration on stomatal density. New Phytologist, 131: 311-327.
29. Yosefzadeh, H., Hosseinzadeh Colagar, A., Tabari, M., Sattarian, A., and Assadi, M. 2010. Recognition of different stomata types of *Tilia* spp. in hyrcanian forests. Taxonomy and Biosystematics 2: 5. 17-28. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (1), 2015
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Leaf stomata characteristics Diversity of Oriental beech in Hyrcanian forests

*Z. Saeedi¹, D. Azadfar² and Kh. Saghebalebi³

¹Ph.D. Student in Forest Science, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, ²Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, ³Associate Prof., in Research, Research Institute of Forests and Rangelands

Received: 11/5/2013 ; Accepted: 12/28/2014

Abstract

Fagus orientalis Lipsky is one of the main Hyrcanian tree elements that distributed throughout Hyrcanian forests from Astara to Ziarat vally in Gorgan. Knowing the specific characteristics of leaf stomata in these populations, in addition to its systemic value, assists further identify their adoption to the specific ecological conditions. The seedlings of four populations in throughout the north including two elevations were transferred to the greenhouse and grown under the same environmental conditions. The stomata characteristics were studied on sampling from leaf attached to the seedling including total, close and open stomata densities in square millimeter, stomata dimensions and area, length and wide of guard cells in thousandth of micron and stomata type. The most effective traits were determinate by Factor analysis. In this method, the factors extraction was done using principal component analysis that had most variances. The Pearson correlation between the scores of the extracted factors and climate variables and altitude was used to determine the relationship between environmental factors and the traits. The results showed that the type of stomata was anomocytic and the most of traits had significant differences among the populations so that stomata density was increased from west to east, but the area of the aperture reduced. The significant correlation between stomata characteristics and the factors such as temperature, precipitation and elevation were observed. Generally, the discriminant function analysis indicated that there was differences between Kheyrood in high and down elevation and also Shastkolateh and Shafaroud populations.

Keywords: Oriental Beech, Stomata, Geographic distribution

*Corresponding author: saeedizohre@gmail.com